

# **ESTUDIO DE LA APLICACIÓN DE TECNOLOGÍAS TRENCHLESS EN BOGOTÁ**

**GUILLERMO ALONSO BARBOSA HORTUA**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
TRABAJO DE GRADO  
BOGOTÁ  
2013**

# **ESTUDIO DE LA APLICACIÓN DE TECNOLOGÍAS TRENCHLESS EN BOGOTÁ**

**GUILLERMO ALONSO BARBOSA HORTUA**

**Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Civil**

**Director  
Edgar Obando Guernica  
Ingeniero**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
TRABAJO DE GRADO  
BOGOTÁ  
2013**



Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Colombia (CC BY-NC-ND 2.5 CO)

Este es un resumen legible por humanos (y no un sustituto) de la [licencia](#).

[Advertencia](#)

## Usted es libre para:



Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

El licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

## Bajo los siguientes términos:



**Atribución** — You must give appropriate credit, provide a link to the license, and indicate if changes were made. You may do so in any reasonable manner, but not in any way that suggests the licensor endorses you or your use.



**NoComercial** — Usted no puede hacer uso del material con fines comerciales.



**Sin Derivar** — Si usted mezcla, transforma o crea nuevo material a partir de esta obra, usted no podrá distribuir el material modificado.

**No hay restricciones adicionales** — Usted no puede aplicar términos legales ni medidas tecnológicas que restringan legalmente a otros hacer cualquier uso permitido por la licencia.

## Aviso:

Usted no tiene que cumplir con la licencia para los materiales en el dominio público o cuando su uso esté permitido por una excepción o limitación aplicable.

No se entregan garantías. La licencia podría no entregarle todos los permisos que necesita para el uso que tenga previsto. Por ejemplo, otros derechos como relativos a publicidad, privacidad, o derechos morales pueden limitar la forma en que utilice el material.

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

---

---

Ing. EDGAR OBANDO GUERNICA  
Director de Proyecto

---

Firma del Jurado

---

Firma del Jurado

Bogotá, 22 noviembre, 2013

Agradezco a Dios por las bendiciones que me ha otorgado a lo largo de la vida, a mi padre Guillermo Barbosa por ser fuente de luz, ejemplo de templanza, misericordia y constante esfuerzo, a mi madre Gloria Hortua por bendecirme con la pasión por la lectura, el amor y respeto por la vida, a mi Hijo Simón Barbosa simplemente gracias por ser, porque es y será para mí el motivo y la razón para ser mejor y buscar la felicidad cada día.

Por supuesto hay amigos que han sido más que compañía y han soportado junto a mí las cargas propias del trayecto, y de ellos no me olvido, por tanto les tengo en mi corazón como hermanos putativos.

A Dios, a los nombrados, y a aquellos cuyos nombres no aparecen, pero que han dejado huella en mi alma y en mi mente...

Gracias.

**GUILLERMO ALONSO BARBOSA HORTUA**

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	11
1. ANTECEDENTES	12
2. OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVO GENERAL	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
4. TECNOLOGIA SIN ZANJA	15
4.1 DEFINICION	15
4.2 MARCO HISTORICO	15
4.3 ISTT (Asociación Internacional de Tecnologías Sin Zanja)	17
5. TECNOLOGIA APLICADA AL MANTENIMIENTO DE TUBERÍAS	19
5.1 EQUIPOS DE LAVADO CON AGUA A PRESIÓN	19
5.2 EQUIPO DE LIMPIEZA CON SCRAPER (RASPADOR)	26
5.3 EJEMPLO DE RECUPERACIÓN OPERATIVA CON SISTEMA SCRAPER	29
6. METODOS DE REHABILITACIÓN Y RENOVACIÓN SIN ZANJA	31
6.1 METODOS DE REHABILITACIÓN LINING	31
6.2 METODO DE REHABILITACIÓN CIPP – MANGA CONTINUA	32
6.3 SLIPLINING	36
6.3.1 Sistema Die Drawing	37
6.3.2 Sistema Rolldown	38
6.3.3 Sistema de Tubo deformado	38
6.4 REHABILITACIÓN PUNTUAL CON CIPP	39
6.4.1 Especificaciones Técnicas del producto	41
6.5 RENOVACIÓN CON SISTEMA PIPE BURSTING	43
6.5.1 Aplicaciones	44
6.5.2 Viabilidad	45
6.6 PIPE JACKING	45
7. CONCLUSIONES	47
BIBLIOGRAFÍA	48

## LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Ejemplos de Casos de Obstrucción en tuberías	23
Cuadro 2. Ejemplos de Casos de Obstrucción en tuberías	25
Cuadro 3. Espesor Recomendado Cement Morter-Lining, ISO 4179	32

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. IBAK – Evolución de equipos para la Inspección CCTV	16
Figura 2. Mapa de Asociaciones Integradas al ISTT	18
Figura 3. Modelo de Primera Generación de Equipos de lavado	20
Figura 4. Boquillas para lavado	21
Figura 5. Equipo de lavado en operación	24
Figura 6. Condición Restrictiva por conexión que ingresa al colector	26
Figura 7. Evolución del Scraper y otras herramientas	27
Figura 8. Otro Dispositivo de Limpieza Diseñado para Alcantarillado	28
Figura 9. Ejemplo de Obstrucción en Tubería	29
Figura 10. Sistema Scraper en Acción	30
Figura 11. Resultados de Limpieza con Scraper	30
Figura 12. Equipo Rociador Lining	31
Figura 13. Inversipon de Tubería CIPP	35
Figura 14. Instalación de Línea Sliplining a Tracción o Halado	36
Figura 15. Sliplining – Técnica de Tubo Deformado	38
Figura 16. Preparación del Metodo CIPP-Short Lining	40
Figura 17. Resultados del Metodo CIPP-Short Lining	40
Figura 18. Resultados Ensayo Laboratorio probeta CIPP-SL	42
Figura 19. Funcionamiento del Pipe Bursting	43
Figura 20. Metodo Neumatico	44
Figura 21. Tunelación Piloto para Pipe Jacking	45
Figura 22. Procedimiento de Tunelación Pipe Jacking	46



## GLOSARIO

**CABESTRANTE:** es un dispositivo mecánico, rodillo o cilindro giratorio, impulsado manualmente, por una máquina de vapor o por un motor eléctrico o hidráulico, con un cable, una cuerda, que sirve para arrastrar, levantar y/o desplazar objetos o grandes cargas

**CABEZA CORTADORA:** Herramienta o sistema de herramientas para corte de terreno y tunelamiento.

**EXPANSOR:** Herramienta usada para engrosar la dimensión del túnel, durante la operación por compresión

**FORRO:** En este contexto es el tubo huésped que funcionara como nueva superficie de servicio, al interior de una tubería desgastada.

**INFILTRACION:** Aguas del suelo circundante que ingresan a un elemento por acción de juntas defectuosas, fisuras, grietas, o roturas, e inclusive por conexiones defectuosas.

**LIMPIEZA A CHORRO:** Método de limpieza aplicado a sistemas de tubería, donde el agua a presión genera el esfuerzo activo para arrastre y retiro de los materiales contaminantes.

**LIMPIEZA CON SCRAPER:** Método de limpieza que consiste en pasar un accesorio semirrígido por el interior de la tubería, se usa principalmente para la remoción de sedimentos duros pero fragmentables.

**MANGA:** Material textil, que en conjunto con unas resinas, se usa para revestir internamente un tramos completo de tubería.

**OVALIDAD:** Diferencia entre el máximo y mínimo diámetro dividido entre el diámetro nominal en cualquier sección transversa del tubo, generalmente se expresa en porcentaje.

**REEMPLAZO EN LINEA:** Método de renovación que consiste en la sustitución de una tubería, destruyéndola, mientras se instala la nueva.

**REHABILITACION:** Recuperación de las condiciones básicas estructurales y operativas de una tubería existente, con el fin de prolongar su vida útil.

**REPARACION PUNTUAL:** Aplicación de métodos de recuperación y corrección de unas condiciones operativas, después de determinar una afectación localizada.

**REVESTIMIENTO:** Aplicación de productos que crean una nueva superficie de trabajo, con el fin de mejorar, o prolongar la vida útil de la tubería

**SIN ZANJA (TRENCHLESS):** Conjunto de herramientas y procedimientos para ejecución de obras de infraestructura (ducteria subterránea), que no implican la excavación del total del trazado de la ducteria a instalar. Dependiendo de la metodología puede requerir la excavación de un punto de lanzamiento y de llegada, o ninguna intervención (excavación).

**SUELO:** recubrimiento terroso que hay sobre un cuerpo rocoso, para un constructor, es el sitio sobre el cual colocará sus estructuras o el sustrato que le suministrará algunos de los materiales que requiere para hacerlas.

## RESUMEN

Este Proyecto pretende documentar y analizar las herramientas que el desarrollo tecnológico permite disponer para atender los requerimientos de mantenimiento, valoración, reemplazo o rehabilitación de redes, y que son usados actualmente en la ciudad de Bogotá.

La tecnología trenchless o sin zanja es una práctica relativamente novedosa, que consiste en un conjunto de herramientas para realizar mantenimiento, valorar, renovar o instalar tuberías, con un mínimo de intervención en el espacio público, resultando en un completo sistema de herramientas que permiten realizar las tareas mencionadas, evitando las implicaciones y complicaciones que conlleva el método convencional de instalación y reparación, y que consiste en realizar el zanjeo de la línea completa a instalar, o la intervención por zonas para realizar reparaciones puntuales.

This project aims to document and analyze the tools that technological development makes available to meet maintenance requirements, assessment, replacement or rehabilitation of networks, which are currently used in the city of Bogotá.

The trenchless technology is a relatively new practice, which consists of a set of tools to perform maintenance, assess, renovate or install pipes with minimal intervention in the public space, resulting in a complete set of tools to perform the above tasks, avoiding the implications and complications involved in conventional method of installation and repair, and that is to carry the full line trenching to install, or the intervention areas for spot repairs..

**PALABRAS CLAVES:** TUBERÍA, REHABILITACIÓN SIN ZANJA, SCRAPER, CIPP, PIPE LINING, PIPE BURSTING.

## INTRODUCCIÓN

Esta Investigación tiene como finalidad promover el uso y conocimiento de las conocidas como tecnologías sin zanja, en el desarrollo de obras tendientes al mantenimiento, valoración, reparación puntual, rehabilitación o renovación de sistemas de tuberías de servicio de alcantarillado principalmente, aunque algunas metodologías tienen aplicabilidad en las redes de acueducto también.

Es imprescindible la aplicación de un razonamiento técnico que permita la selección de las herramientas que mejor se adecuen para satisfacer las necesidades de un proyecto, incluso valorar si la solución a aplicar es de tipo inmediato y para satisfacer una necesidad puntual, o si se desea implementar una solución de largo plazo.

En el presente proyecto se analizarán algunas de las herramientas y desarrollos tecnológicos que se están utilizando como alternativa a la intervención de espacios, para recuperar o realizar nuevas redes de tubería para los servicios de acueducto y alcantarillado en la ciudad de Bogotá, y el conjunto de elementos que hacen parte de la matriz de decisión con la que se puede establecer la viabilidad de la aplicación de estas opciones tecnológicas conocidas bajo el término “sin zanja”.

## **1. ANTECEDENTES**

En la actualidad y debido al crecimiento de la población y el requerimiento sobre el mejor aprovechamiento de espacios en las ciudades, se ha generado un gran incremento en el desarrollo de la construcción y modificación de espacios para albergar estructuras de vivienda por propiedad horizontal, o para cambiar el uso/ocupación de los espacios en la ciudad y sus alrededores, esto ha implicado una modificación e aumento en las necesidades respecto a las redes de servicio de aseo y acueducto que existen en nuestra ciudad. Al mismo tiempo plantean una gran incertidumbre respecto a la viabilidad o sostenibilidad de estos proyectos cuando el incremento de la densidad poblacional o la industrialización demandan valorar los sistemas de tuberías que captan los sistemas sanitarios, pluviales y de acueducto existentes, con el fin de valorar su estado y capacidad.

Esta valoración tiene como resultado una serie de datos que serán procesados para la toma de decisiones respecto a las diferentes respuestas a la valoración de las redes o nuevos requisitos la infraestructura, como; mantenimiento, rehabilitación, renovación o ejecución de nuevas obras.

Estos planteamientos la han observado con atención sociedades que tienen una mayor edad en su desarrollo, por cuanto estas han percibido o comprendido la necesidad de desarrollar alternativas que faciliten la atención de sus redes de servicio. Y aseguren que independiente de la edad de sus sistemas de tubería se pueda brindar a los usuarios un adecuado servicio, y que para las distintas administraciones existan respuestas técnicas y tecnológicas de respuesta. Además del desarrollo de matrices de decisión para la inversión justificada en mantenimiento o renovación.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Dar a conocer estas tecnologías y sus ventajas, documentar el procedimiento y análisis previo a la implementación de las diferentes herramientas Trenchless, teniendo como parámetro su uso actual en nuestra ciudad, bajo el planteamiento de agrupar estas herramientas en dos grupos; Las herramientas de mantenimiento e inspección, y las herramientas de rehabilitación y construcción.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar y Explicar los grupos en que se dividieron unas Tecnologías Trenchless – conocidas y seleccionadas como modelo, y aplicadas actualmente en el entorno capitalino y alrededores.
- Identificar las características, alcances y limitaciones de estas herramientas.
- Introducir estas tecnologías como método de construcción y alternativa a la solución de problemas existentes en las redes existentes.
- Presentar ejemplos de algunas de estas tecnologías y sus resultados.

### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Las condiciones actuales del crecimiento y re densificación poblacional plantean la necesidad de la implementación de alternativas que permitan introducir mejoras en los sistemas de alcantarillado y acueducto urbano, de una manera razonable y amigable con el medio ambiente, y que además no implique la intervención a gran escala del espacio público y la consecuente incomodidad que esto genera al intervenir estos espacios por lapsos de tiempo prolongados y que redundan en traumas al confort y la movilidad. Estas alternativas deben propender a reducir el uso de materiales y producción de sobrantes que en comparación resultan de métodos de instalación de tuberías convencionales como la zanja abierta.

## **4. TECNOLOGIA SIN ZANJA**

### **4.1 DEFINICION**

Se puede definir como las técnicas y tecnologías usadas en el mantenimiento, valoración, instalación, reemplazo o rehabilitación, para tuberías, con la implementación de herramientas tecnológicas cuya principal característica es la menor intervención de espacios públicos o excavación.

Existen un gran número de técnicas de tecnologías sin zanja, dentro del presente proyecto de investigación se presentan dos grupos:

- Técnicas de mantenimiento y valoración: usadas para restablecer la capacidad operativa cuando se encuentran obstrucciones por sedimentos o materiales que han ingresado a la tubería y las usadas para inspección y valoración del estado de estas.
- Técnicas de Instalación, renovación y rehabilitación.

Las técnicas presentadas en este documento corresponden a las que se han observado en uso actualmente en la ciudad de Bogotá y que están orientadas principalmente a los servicios de alcantarillado y acueducto, aunque es viable su uso en otras redes de servicio como las telecomunicaciones o energía, sin embargo se aclara que para estas dos últimas solo aplican las técnicas de instalación nueva, y no las de rehabilitación.

### **4.2 MARCO HISTORICO**

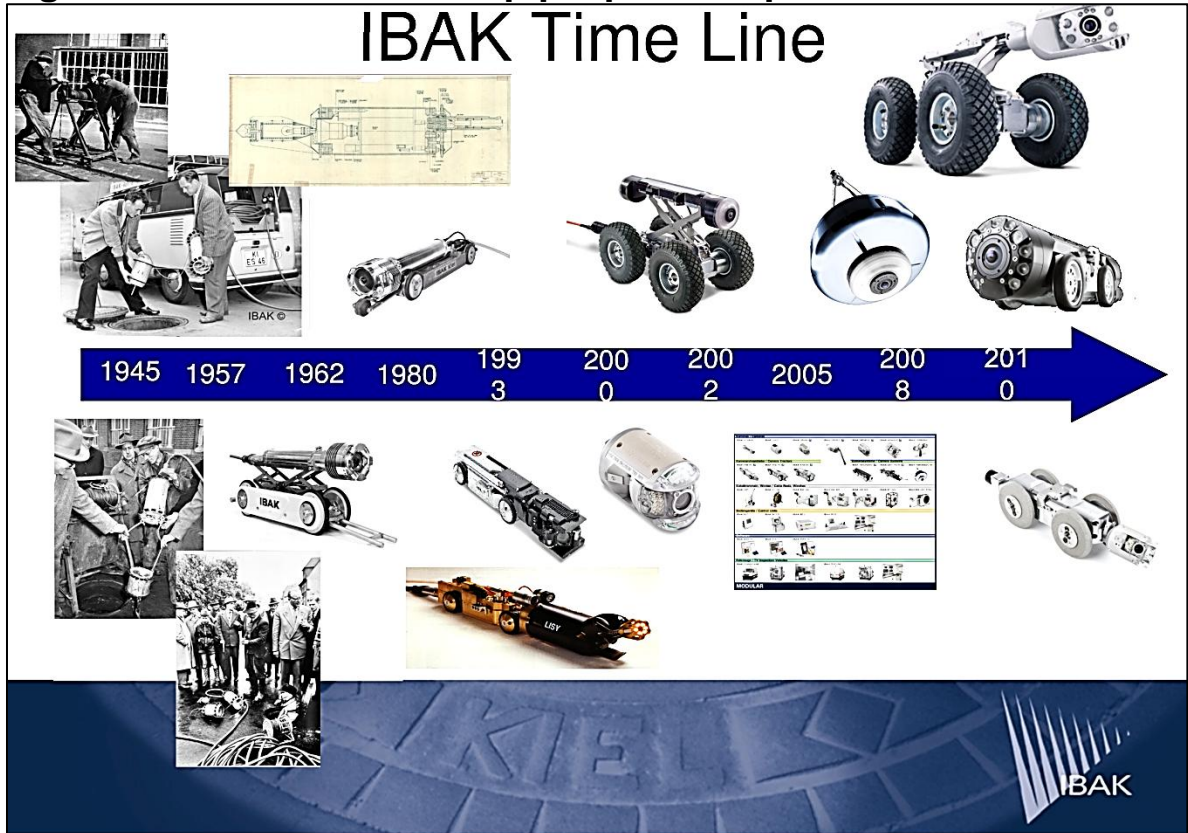
El termino Trenchless (Menos Zanja) o No Dig (Sin excavar) es relativamente nuevo para nuestra sociedad, sin embargo el desarrollo de estas tecnologías y su historia de referencia se puede rastrear al pasado de las diferentes herramientas desarrolladas:

Por ejemplo la tecnología de sistemas de inspección por circuito cerrado de televisión, y que se considera como una herramienta de tecnología sin zanja para la valoración y diagnóstico de redes, se comenzó a desarrollar a mediados de los años 40 en Europa. Aunque inicia como un desarrollo tecnológico con aplicación Naval, se puede rastrear los inicios de esta industria aplicada al sector civil con modelos desarrollados para inspección de redes de alcantarillado, en Alemania después de la segunda guerra mundial.

La línea de tiempo presentada en la figura 1, es un ejemplo de la evolución que ha tenido el desarrollo de la tecnología CCTV teniendo como fuente una de las compañías de más antigua data en el mercado y que se podría poner como

precursora del desarrollo tecnológico orientado al uso civil de esta importante herramienta, esta compañía es IBAK, Helmut Hunger GmbH & Co. KG

**Figura 1. IBAK – Evolución de equipos para la Inspección CCTV**



Fuente. IBAK\_Ibak-presentación\_2010.pdf. [Documento facilitado por el representante comercial para Latinoamérica, VE Group].

Otro ejemplo del desarrollo de herramientas Trenchless se rastrea a los años sesenta en Japón, donde debido al basto crecimiento poblacional, y la poco espacio territorial en comparación, se requirió implementar programas de desarrollo de infraestructura con la condición que los constructores no podían intervenir los espacios públicos en el día y una fuerte restricción a las excavaciones de superficie.

Como resultado el Gobierno Japonés, apoyo la investigación para crear una industria de la construcción basada en el sistema de gateo horizontal de tubería (Pipe Jacking) desde pozos de lanzamiento, que al final del proceso funcionan como pozos de inspección, a causa de esto Osaka es referencia como lugar del nacimiento del "micro-túnel"

En los años ochenta, un equipo Japonés-Aleman desarrollo el proyecto de micro-túnel en Hamburgo, para esta década no existían más de 15 micro-tuneladoras en



Europa. Al mismo tiempo se estaba usando esta tecnología en Medio oriente para renovar las tuberías de Asbesto cemento.

En los noventa, la industria del petróleo en Norte América y Europa con largas líneas de tuberías cruzadas creó la necesidad de realizar perforaciones dirigidas, se realizaban con topes de diámetros menores, para realizar perforaciones piloto bajo cauces de ríos, vías, y ferrovías entre otras. Luego se podían ensanchar con un rimador al escariar progresivamente los túneles piloto, logrando de esta manera un mínimo impacto ambiental y reducción en tiempos de ejecución de obra.

El desarrollo tecnológico de los equipos de Inspección CCTV, dio pie a la evaluación y conciencia sobre la necesidad de mantenimiento sobre las líneas de alcantarillado urbano, retornando a los años setenta en Reino Unido, la práctica de la valoración de redes con inspección visual dio origen a plantear la necesidad de desarrollar otros métodos alternativos para corregir los efectos del deterioro y rehabilitar redes cuyas condiciones de servicio eran vitales para los servicios de la sociedad, aunque los índices de deterioro eran puntualizados o las condiciones del entorno significaban un gran trauma al pretender realizar mantenimientos o renovaciones invasivas y con la intervención al espacio público.

#### **4.3 ISTT (Asociación Internacional de Tecnologías Sin Zanja)**

Fue en Londres en 1985, durante la conferencia de Ingenieros en salud publica titulada "Sin Excavar 85", donde se empezaron a utilizar los términos de "Tecnología sin zanja" , y "Sin excavar".

Aunque ya era reconocida la necesidad de implementar alternativas técnicas para la construcción de redes de infraestructura subterránea, existía un gran dilema por el desconocimiento general sobre estas, entendiendo que su desarrollo había sido un proceso en gran parte empírico, además de la sensación ocasionada en el sector civil debido a que estas mismas implicaban un volumen muy inferior de mano de obra, generando pánico en el sector obrero que se oponía a ser desplazado durante una época de efervescencia política por las condiciones económicas y de escasa estabilidad por parte del sector proletario, que debía gran parte de su ocupación al desarrollo de las obras de infraestructura en las grandes ciudades.

A pesar de las posiciones enfrentadas, la necesidad de promover de forma organizada la implementación de alternativas para extender los servicios básicos, con un mínimo de intervención y afectación del espacio público motivo a la formación de una asociación de profesionales, consultores, constructores e industriales que consientes no solo del carácter ambiental y técnico, previeron en la tecnología sin zanja una alternativa eficiente, ambiental y comercialmente

viable, así se fundó en 1986 la sociedad internacional de tecnologías sin zanja cuyas siglas en ingles son **ISTT**.

Siguiendo las políticas establecidas por el ISTT, posteriormente se formaron sociedades hermanas en Japón , Holanda y Suecia, y aunque no tengan las mismas siglas, existe una gran expansión a nivel mundial de organizaciones como el ISTT, que replican las políticas de comunicación y formación de las tecnologías sin zanja y su aplicación en el desarrollo de obras de Infraestructura subterránea.

**Figura 2. Mapa de Asociaciones Integradas al ISTT**



Fuente. ISTT, The International Society For Trenchless Technology [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 5 Noviembre, 2013]. Disponible en Internet: <URL: [http://www.istt.com/index.php?com\\_option=content&view= article&id=72](http://www.istt.com/index.php?com_option=content&view=article&id=72)>

La figura 2, presenta el mapa actual con las asociaciones que se encuentran afiliadas al ISTT a la fecha, no obstante en muchos países se han creado asociaciones para la promoción de las tecnologías sin zanja, que se fundamentan en las políticas del ISTT, pero que no se han interesado en afiliarse comercialmente, y por tanto no aparecen registradas en el Mapa internacional del ISTT.

## 5. TECNOLOGIA APLICADA AL MANTENIMIENTO DE TUBERÍAS

### 5.1 EQUIPOS DE LAVADO CON AGUA A PRESIÓN

Las herramientas de lavado y limpieza para tuberías no son mencionadas como parte de las familias de Tecnología Trenchless (Sin Zanja) o No Dig (Sin Excavar), por no ser herramientas propias del proceso constructivo, sin embargo estas herramientas se caracterizan por no requerir el acceso invasivo a las redes de tubería por parte de los operadores ni realizar actividades de afectación a la superficie. Además sin el uso y la evolución de estas herramientas no sería posible realizar trabajos de mantenimiento, diagnósticos del estado operativo y estructural de las redes, y menos la aplicación de métodos de rehabilitación que requieran el paso de una línea guía a través de los ductos, o la preparación de la superficie para instalar un revestimiento.

Considerando las características de estas herramientas, su desarrollo tecnológico, y la aplicabilidad a los procesos trenchless, se incluyen como parte integral de la presente investigación.

La herramienta más reconocida en concepto de lavado, es la de sistemas de lavado a presión hidroneumática, y bombas de succión, se ha generalizado el nombre de VACTOR® para designar estos equipos, aunque esta referencia no es el nombre del equipo, sino que corresponde a la marca comercial del fabricante más reconocido a nivel mundial.

Estos equipos son producto de un desarrollo tecnológico que inicio a principios del siglo XX, en el ámbito de la industria para maquinaria agrícola cuya principal característica era el uso de la neumática.

A principios de 1960, la empresa VACTOR® comenzó a diseñar, patentar y fabricar equipos de limpieza para el mercado municipal de obras públicas. Estas unidades fueron diseñadas para eliminar las obstrucciones de las líneas de drenajes obstruidos o tapados, alcantarillas y sumideros. VACTOR® introdujo el primer limpiador de alcantarillado que combinaba chorro de agua y la acción de aspirar, lo que dio lugar a un más completo y eficiente trabajo de limpieza<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> VACTOR® MANUFACTURING. About Us [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 5 Noviembre, 2013]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.environmental-expert.com/companies/vactor-manufacturing-28862.html>>

**Figura 3. Primera generación de equipos de lavado**



Fuente. WORLD SWEEPER. Industry News Bulletin [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 5 Noviembre, 2013]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.worldsweeper.com/Industry/VactorAnniv1.12.html>>









La figura 3 anterior muestra uno de los primeros modelos de equipos de lavado de redes, construido por la empresa VACTOR®, como se puede observar en la imagen, este vehículo cuenta con el brazo de succión, y un tanque de desechos, sin embargo este modelo no tiene el sistema hidrojet incorporado aun.

Estos equipos están compuestos básicamente por:

- Tanques de Almacenamiento de agua (limpia) para operación con capacidad mínima de 2000 litros, ajustado al espacio interno del vehículo.
- Sistema Hidrojet compuesto una bomba de alta presión de función hidroneumática, manguera con cobertura especial de alta resistencia a la abrasión y curvatura mínima de 140mm y rango de temperatura de -30°C a +80°C, en carrete con longitud promedio de 120m, y capacidad de generar presión de trabajo mayor a 1000 PSI, diámetro variable de 5/8" a 1", contador longitudinal, y acoples (boquillas/nozzles).
- Sistema de succión, compuesto por bombas de presión negativa para succión, existen equipos con capacidad de succión sumergidos, y otros que trabajan manteniendo un espacio entre la superficie de succión y la boca del aspirador.
- Boquillas para la manguera, de distintos usos para asegurar la ejecución de los trabajos (mínimo una boquilla de penetración y una de limpieza).

Estos equipos son ensamblados en conjunto sobre un vehículo, lo que permite autonomía en transporte y acción directa en las cámaras de mantenimiento de conexión de los tramos de alcantarillado. En la figura 4 se presenta una lista de accesorios diseñados para mejorar los procesos de lavado y mantenimiento de las tuberías de alcantarillado, que representan otro importante avance en las tecnologías trenchless, y es la posibilidad de seleccionar acoplar diferente tipo de boquillas, de acuerdo a los casos de obstrucción que se identifiquen en las redes..

**Figura 3. Boquillas para lavado**

OEM Nozzle Table of Contents			
<b>AGITATOR</b> page 5		<b>STANDARD PENETRATOR</b> page 18	
<b>WEDGE</b> page 6		<b>CHISEL POINT WEDGE</b> page 19	
<b>SUPER FLUSHER</b> page 7		<b>THUNDER</b> page 20	
<b>POWER CLEANER</b> page 8		<b>JPX</b> page 21	
<b>CRUISER™</b> page 9		<b>TWISTER</b> page 22	
<b>MAD FLUSHER™</b> page 10		<b>PIPE WOLF</b> page 23	
<b>P-15 PENETRATOR</b> page 11		<b>ROOT CUTTER</b> page 24	
<b>GRENADE</b> page 12		<b>TURBO CHAINCUTTER</b> page 25	
<b>COMMANDOR™</b> page 13		<b>MILLING CUTTER</b> page 26	
<b>PROBE</b> page 14		<b>FLAT CULVERT</b> page 27	
<b>EG PENETRATOR</b> page 15		<b>6 INCH CULVERT</b> page 28	
<b>STANDARD SANITARY</b> page 16		<b>8 INCH CULVERT</b> page 29	
<b>STANDARD SAND</b> page 17		<b>HYDROSURGE™</b> page 30	



Fuente. VACTOR. OEM Nozzles. [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 5 Noviembre, 2013]. Disponible en Internet: <URL: <http://epcf.com/site/wp-content/uploads/Vactor-Nozzle-Catalog.pdf>. p.3>

En Bogotá actualmente prestan el servicio de lavado de tuberías con equipos tipo VACTOR® (dotados de Hidrojet), más de una docena de empresas particulares, además de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado local.

Cuando se consultó vía telefónica a algunas de estas empresas particulares respecto a la disponibilidad de estas herramientas complementarias para el mantenimiento de redes, se encontró como idea general que significan una gran inversión, por tanto los servicios de lavado deben incrementarse considerablemente, y que en Bogotá no prevalece la conciencia o cultura en los clientes respecto a la calidad y capacidad técnica, sino que para la selección del proveedor de servicios, es fundamental el componente económico.

Por parte de la Empresa de Acueducto de Bogotá los equipos de lavado y mantenimiento cuentan con una gran variedad de boquillas de lavado a presión, y en casos especiales la empresa presta el servicio para lavado con estos accesorios, sin embargo no se logró definir con cuales tipos de boquillas especiales cuentan, para aplicar en diferentes condiciones de sedimentación, remoción de obstrucciones, e inclusive para demolición de bloqueos sólidos.

Sin embargo y a pesar de la existencia de las herramientas y la tecnología, el mercado de los servicios de mantenimiento de redes en nuestra ciudad está sometido a la ineficiencia por la falta de conocimiento técnico y tecnológico, al desinterés por promover y fomentar el uso de tecnologías de apoyo en el ámbito particular, y a una cultura económica en la que el principal parámetro de selección es “Bajos Costos” inclusive por encima de la calidad.

Debido a esta situación, cuando se presentan problemas operativos en la red por condiciones de obstrucción, se toman decisiones de intervención destructiva, para la recuperación de la capacidad o renovación de las redes, aunque en muchas ocasiones se pudiera recurrir a la tecnología para realizar las mejoras necesarias y recuperar la capacidad hidráulica de los colectores de alcantarillado.

En la siguiente Tabla se muestran imágenes de algunos casos típicos de obstrucciones que se pueden presentar en las redes de alcantarillado urbanas.

**Cuadro 1. Ejemplos de Casos de Obstrucción en tuberías**

IMAGEN	DESCRIPCION
	<p>Colmatación por residuos de Bentonita (mala disposición de obra) endurecida.</p>
	<p>Obstrucción por otra tubería de descarga (Conexión Domiciliaria) que ingresa al colector.</p>
	<p>Obstrucción por tubería de masa de raíces que ingresa por la junta</p>
	<p>Obstrucción por carga de sedimentos retenidos en la tubería.</p>

Fuente. El Autor



**Figura 5. Equipo de Lavado en Operación**



Fuente. El Autor

La figura 5. muestra un equipo trabajando en el mantenimiento de una red de alcantarillado sanitario (en Bogotá), la imagen permite analizar integralmente el funcionamiento del equipo.

Básicamente el funcionamiento de este equipo es ingresar la manguera por la tubería desde el pozo aguas abajo hacia el pozo aguas arriba, esta es impulsada al interior del tramo por una boquilla con chorros a presión orientados como impulsores, -se lavan los tramos entre pozos de inspección para facilitar la labor de remoción de sedimentos y optimizar el consumo de agua de los equipos-.

El arrastre y remoción de sedimentos y se inicia cuando el carrete del vehículo recoge la manguera, los chorros que en un principio impulsan la manguera funcionan como barredora hidroneumática de alta presión, a medida que se recoge los sedimentos son impulsados hacia el pozo agua abajo.



Como se mencionó anteriormente la eficiencia de estos sistemas de lavado ha evolucionado, de tal manera que ya no depende solo de la potencia del chorro a presión para la remoción de obstrucciones, la selección de boquillas especiales en los sistemas de lavado a presión es hoy por hoy, el éxito de un mantenimiento efectivo y eficiente

## Cuadro 2. Ejemplos y Uso de Boquillas Especiales

IMAGEN	DESCRIPCION
	<p>Root Cutter. -Cortadora de raíces-.</p> <p>Como su nombre lo Indica esta punta que funciona por energía hidráulica, corta las raíces presentes en la tubería.</p>
	<p>Milling Cutter. -Fresadora-.</p> <p>Se utiliza para la remoción de sedimentos duros, inclusive hormigón, o bentonita.</p>
	<p>Flat Culvert -Plancha-</p> <p>Ideal para la remoción, de arena, grava, arcillas, y sedimentos que se alojan en la batea de la tubería.</p>
	<p>Rocket -Misil-</p> <p>Una de las Boquillas más comunes, pero de mayor uso por su alto rango de aplicabilidad, por su potencia concentrada y alto caudal, realiza una gran labor de limpieza.</p>

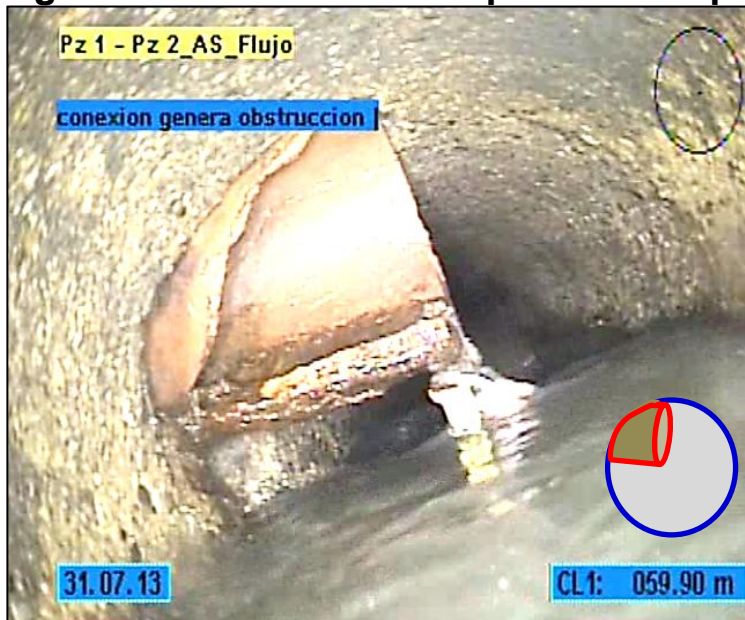
Fuente. El Autor

## 5.2 EQUIPO DE LIMPIEZA CON SCRAPER (RASPADOR)

El Scraper o raspador es una herramienta diseñada para remover sedimentos que se han endurecido y adherido a las paredes de los ductos de alcantarillado, como su nombre lo indica actúa en el tubo y sobre las paredes de la tubería por acción mecánica, fraccionando los sedimentos con piezas diseñadas para raspar sin forzar en exceso las juntas o conexiones. La factibilidad de uso del raspador depende de poder establecer una línea de continuidad por el ducto a limpiar, ya que funciona con un sistema de cable que hala el elemento longitudinalmente por la tubería.

El uso del Scraper no solo está condicionado a la posibilidad de tender la línea de halado entre los puntos de acceso al tramo, se deben tener en cuenta otras variables técnicas antes de poner en práctica la limpieza con Scraper, por ejemplo;

**Figura 6. Condición Restrictiva por conexión que ingresa al colector.**



Fuente. El Autor

La figura 6 anterior muestra una conexión lateral al colector que fue realizada sin accesorio e ingresa al colector interfiriendo con la sección transversal del tubo, reduciendo la capacidad operativa. En un caso como el mostrado en la figura, un método de limpieza con accesorios rígidos puede fracturar la tubería conectada, y agravar la condición estructural de la tubería.

Realizar una adecuada evaluación de las condiciones de la tubería antes de seleccionar los métodos de limpieza, rehabilitación o renovación es de gran importancia, y representa una gran responsabilidad para el contratista/constructor.

EL uso de herramientas mecánicas para la remoción de obstrucciones no es realmente algo novedoso, y su proceso evolutivo se puede rastrear al siglo XIX en las principales ciudades Europeas, y las más antiguas de Estados Unidos, como los muestra la figura 7 Y 8. Donde se presentan una serie de dispositivos diferentes, teniendo en común ser diseñados para realizar mantenimiento de los sistemas de alcantarillado y principalmente retirar sedimentos solidos de la red, lo que muestra que a la par con el desarrollo de las ciudades y la extensión de servicios de alcantarillado, también se ha percibido la necesidad de realizar mantenimientos que permitan garantizar la continuidad en la operación de estos sistemas.

### Figura 7. Evolución del Scraper y otras Herramientas

SUPPLEMENT TO ENGINEERING NEWS, MARCH 30, 1899.

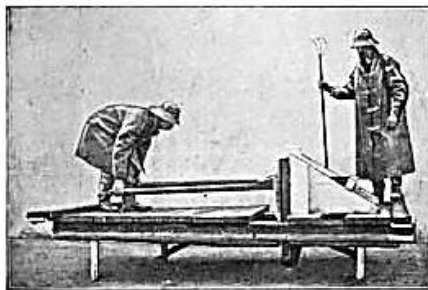


FIG. 7.—SCRAPER FOR LARGE SEWERS.

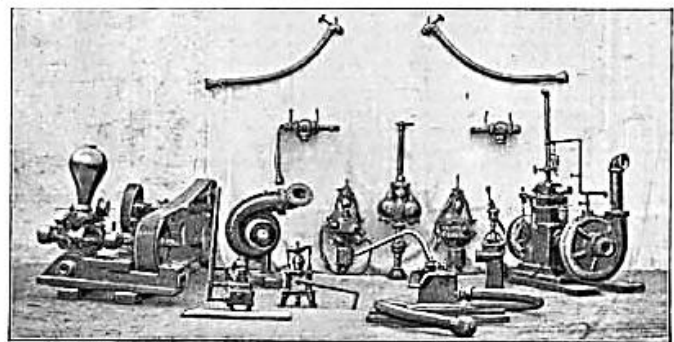


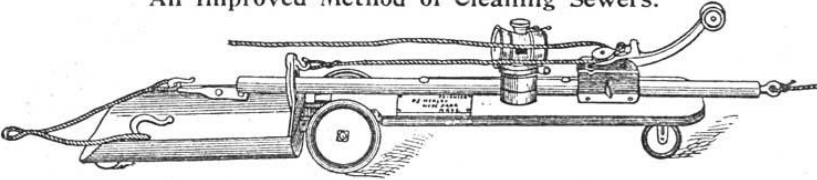
FIG. 8.—EMERGENCY APPARATUS.

APPLIANCES USED IN THE MAINTENANCE OF SEWERS AT PROVIDENCE, R. I.

Allen Aldrich, Superintendent of Maintenance.

## Healey SEWER CLEANING Machine

An Improved Method of Cleaning Sewers.



CITY OF BOSTON,  
Street Department, Sewer Division.  
P. J. HEALEY Co., Hyde Park, Mass.

*Gentlemen:*  
In regard to the Healey Sewer Cleaning Machine which has been used in this division during the past year, I regard it by far the best device yet brought to my notice for cleaning sewers in which a deposit has formed too hard to be removed by the usual method of flushing. Several sewers have been cleaned by this machine which could not have been cleaned by any other means known to this division.

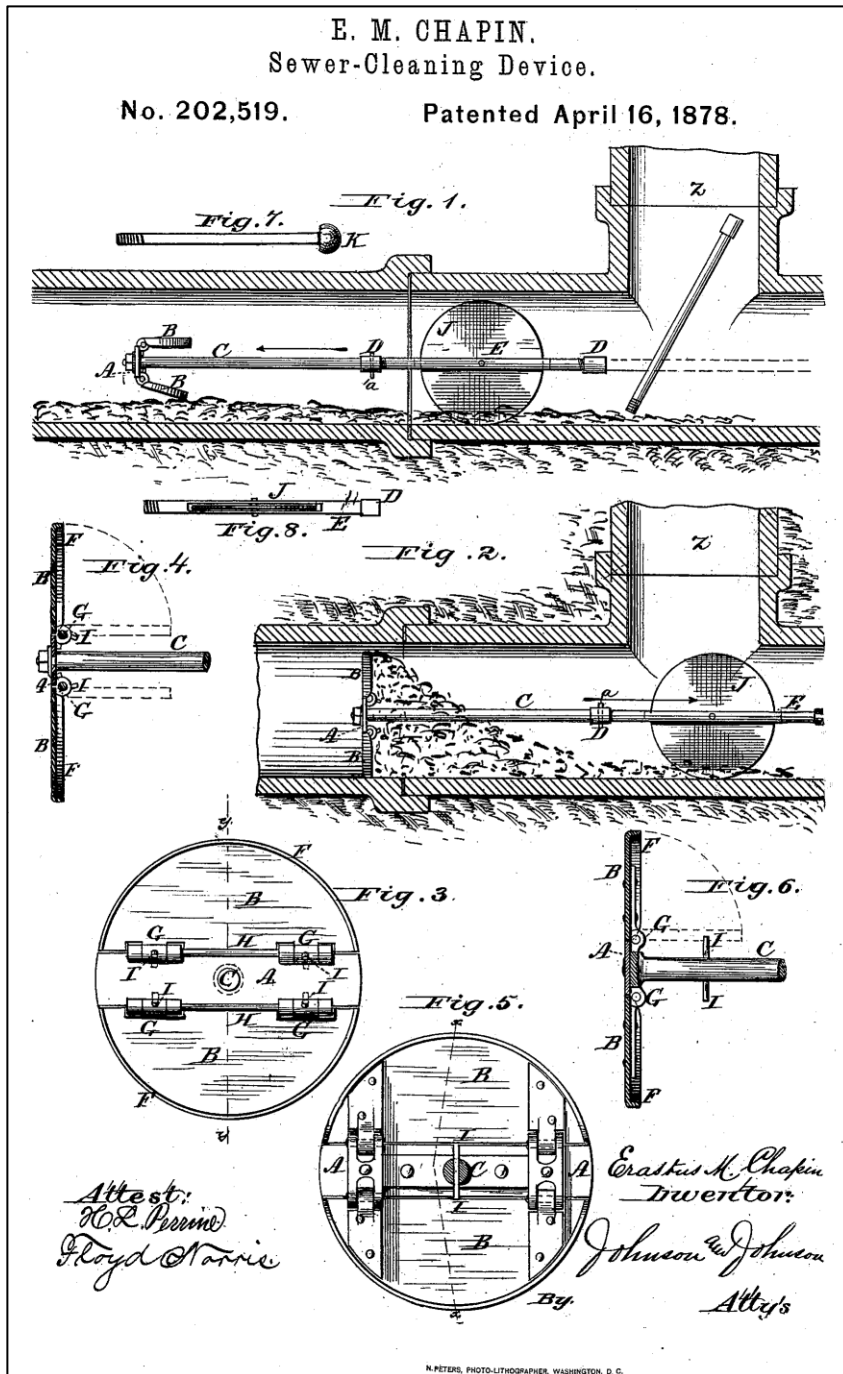
Yours respectfully,  
GUY C. EMERSON, Deputy Supt.

Automatic Flushers, Bulkhead,  
Artesian Wells, Borings,  
Sewer Cleaning by Contract.

Send for descriptive circular to  
**P. J. HEALEY & CO.,**  
231 Washington St., Boston, Mass.

Fuente. MAINTENANCE SEWER CLEANER EQUIPMENT. [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 5 Noviembre, 2013]. Disponible en Internet: <URL: [http://www.sewerhistory.org/grfx/maint/swr\\_dn2.htm](http://www.sewerhistory.org/grfx/maint/swr_dn2.htm)>

**Figura 8. Otro Dispositivo de Limpieza Diseñado para Alcantarillado**



Fuente. MAINTENANCE SEWER CLEANER EQUIPMENT. [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 5 Noviembre, 2013]. Disponible en Internet: <URL: [http://www.sewerhistory.org/grfx/maint/swr\\_cln2.htm](http://www.sewerhistory.org/grfx/maint/swr_cln2.htm)>

### 5.3 EJEMPLO DE RECUPERACIÓN OPERATIVA CON SISTEMA SCRAPER

La Empresa TECNIGUIBAR SAS, suministro la siguiente información sobre el proceso de recuperación operativa, aplicando equipos de tecnología sin zanja y con el diseño de un accesorio que permite la limpieza de la tubería mediante el scraper.

La Figura 10. Muestra la pérdida de capacidad operativa por la presencia de un bloque de material endurecido (bentonita), endurecido y adherido a la pared de la tubería

**Figura 9. Ejemplo de Obstrucción en Tubería**



Fuente. El Autor

La figura 10. Representa claramente la forma de trabajo del sistema de limpieza, y que se resume así:

La limpieza con el sistema scraper se basa en la acción de un accesorio de limpieza conformado por un cilindro de acero, equipado por juegos de cerdas en alambre de acero -intercambiables según el desgaste-. El accesorio cuenta con un punto de tiro en su eje, el cual es halado con una guaya de acero, por un equipo hidráulico denominado PB30, el cual se instala en el pozo de inspección opuesto al punto de acceso del scraper.



Su acción como se mencionó previamente es aplicar esfuerzo axial contra el material sedimentado, los bordes del cilindro que tienen forma de cuña, fragmentan el bloque de sedimento sólido, mientras que las cerdas orientadas perpendicularmente en el cilindro, raspan y barren el cuerpo del tubo.

**Figura 10. Sistema Scraper en Acción**



Fuente. El Autor

A la izquierda se observa el accesorio scraper ingresando en la tubería a limpiar, al centro una imagen capturada de la cámara de inspección muestra el scraper trabajando dentro de la tubería, y por ultimo a la derecha, se observa el equipo PB30. Que realiza el halado del accesorio.

El resultado del proceso de limpieza se observa después de realizar el lavado de la tubería con equipos de hidro-lavado a alta presión para remover los fragmentos o residuos en la tubería, La figura 10 muestra los resultados del ejercicio de limpieza.

**Figura 41. Equipo Rociador Lining**



Fuente. El Autor

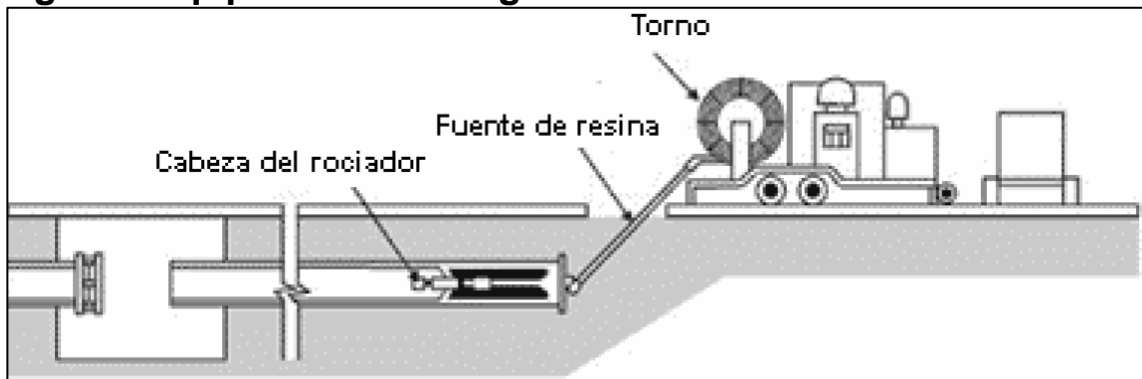
## 6. METODOS DE REHABILITACIÓN Y RENOVACIÓN SIN ZANJA

### 6.1 METODOS DE REHABILITACIÓN LINING

Los métodos lining son aquellos cuyo principio es la aplicación de un revestimiento superficial al interior de la tubería con resinas epoxy o mortero, principalmente mediante equipos de rociado centrifugo, para de renovar la corona de servicio de la tubería, con el objetivo de separar la corrosión superficial, retardar el deterioro, y solucionar los escapes menores, su principal característica es el bajo espesor de película que puede variar de 1mm a 9mm, de acuerdo al material de revestimiento.

La figura 11, muestra el esquema tipico de funcionamiento de un sistema de aplicación de revestimiento.

**Figura 5. Equipo Rociador Lining**



Fuente. MARIN, Patricia. Ciencias Físico Mecánicas. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingeniería Civil. Modalidad Tesis, año 2004. p. 25.

La técnica de protección con cemento se utilizó originalmente en Australia en la década de 1900, este proceso se realizaba manualmente, lo que convertía la tarea de mantenimiento en un proceso de tiempos prolongados, y se limitaba solo a tuberías de gran diámetro, donde hubiera posibilidad de acceso para un equipo de trabajo conformado típicamente por un técnico aplicador y un ayudante, debido a estas limitantes era normal que el resultado superficies irregulares en algunos puntos, principalmente en la aplicación sobre cabeza.

Posteriormente con el auge de la tunelación en los Estados Unidos durante los años 30, se desarrollaron equipos para el rociado de mortero, y posteriormente equipos de rociado para tuberías.

En los años 50 en Inglaterra y Gran Bretaña, se diseñaron equipos de centrifugado, para la aplicación de lining con mortero en tuberías de menor diámetro.

La tabla 3. Muestra los espesores recomendados por la ISO 4179, para tuberías de hierro alineada con cemento.

**Cuadro 3. Espesor Recomendado Cement Morter-Lining, ISO 4179**

Cemento Estándar	Alineado Grueso
Tamaño de la tubería (milímetro)	Espesor Nominal (milímetro)
100-350	3
350-600	5
700-1200	6
1400-1600	9

Fuente. MARIN, Patricia. Ciencias Físico Mecánicas. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingeniería Civil. Modalidad Tesis, año 2004. p. 38.

## 6.2 METODO DE REHABILITACIÓN CIPP – MANGA CONTINUA

El termino CIPP se acuñó del significado de sus siglas en ingles Cured In Place Pipe, El proceso fue desarrollado por Insituform en Inglaterra a principios de los años 70, con la gran ventaja de poder aplicarse en conductos de diferentes secciones geométricas, e incluso puede absorber pequeñas variaciones de la sección transversal, y dimensión del ducto a rehabilitar.

El método de rehabilitación con CIPP, tiene como objetivo formar una capa de revestimiento de carácter mono pieza, sin empalmes o costuras que afecten las condiciones de flujo a lo largo del ducto, mejorando también las condiciones de estanqueidad, e incluso a pesar de reducir de manera leve el diámetro interno, una vez curada resulta en una superficie interna muy lisa favoreciendo la capacidad de hidráulica del ducto.

El sistema de CIPP es uno de los más usados para rehabilitación de tuberías, sobre todo en vías de alto tráfico, donde la intervención convencional para cambiar redes resultar en múltiples desventajas, como el trauma en el flujo vehicular, la afectación al libre acceso a los predios, generación de material residual, contaminación ambiental, y ruido, entre otros.

Un operativo de rehabilitación CIPP, tiene un tiempo ejecución muy corto debido a la rápida reacción de curado de las resinas utilizadas.

Se debe preparar de manera preliminar la línea de tubería a intervenir, y se debe tener claro que por ser un sistema de revestimiento, el sistema de tubería de curado en sitio, calca la sección de la tubería intervenida, y por ello es de vital



importancia un adecuado proceso de mantenimiento y preparación que corresponde a lavar y remover hasta dejar libre de sedimentos el tramo a intervenir.

Cuando las condiciones estructurales de la tubería lo permiten, la rehabilitación CIPP, es una de las opciones más usadas por:

Es más resistente. Una de las propiedades más importantes de cualquier producto de rehabilitación de conducciones de saneamiento es su módulo de flexión de elasticidad. Las pruebas independientes revelan que el módulo de flexión de la resina estándar de Insituform® para conducciones de saneamiento supera las exigencias de la norma ASTM F1216.

Tiene una mayor resistencia a la deformación por pandeo a largo plazo. En un estudio financiado por el Gobierno de EE.UU., se evaluó la resistencia a la deformación por pandeo a largo plazo de los productos de rehabilitación de conducciones de saneamiento. La resina de poliéster estándar de Insituform® demostró sus excelentes propiedades a largo plazo con una vida útil superior a los 50 años.

Se cura de manera fiable. Las resinas de poliéster de Insituform® se curan con rapidez, incluso en presencia de agua. Estos rápidos ciclos de curado garantizan que se puede conseguir una curación adecuada en todas las condiciones.

Es resistente a la corrosión. Las pruebas independientes realizadas han determinado que las instalaciones de Insituform® efectuadas en 1971 siguen sin mostrar ningún signo de agresión química o pérdida de resistencia a pesar de una exposición prolongada a las aguas residuales, efluentes de lavandería a temperatura elevada y productos cáusticos. Además, las resinas que utilizamos actualmente son muy superiores a las de los primeros productos instalados y están específicamente diseñadas para ser empleadas en las conducciones de saneamiento actuales, que son más ácidas.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Sistemas de resina Insituform® [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 5 noviembre, 2013]. Disponible en Internet: <URL: [http://www.insituform.es/content/120/sistemas\\_de\\_resina\\_insituform.aspx](http://www.insituform.es/content/120/sistemas_de_resina_insituform.aspx)>

La tabla 3. Presenta una serie de características y cualidades de la tecnología CIPP, de acuerdo a Insituform

**Tabla 4. Especificaciones Técnicas de Tuberías CIPP**

Diámetros	de 150 a 2.440 cm
Intervalo de pH	0,5 - 10,5
Temperatura de efluentes	de hasta 60° C
Estado de la tubería- Totalmente deteriorada	Sí
Estado de la tubería- Parcialmente	Sí
Recodos	Sí
Uniones desplazadas	Sí
Cambios de diámetro	Sí, sin pozos de acceso
Cambios de espesor	Sí, sin pozos de acceso
Longitud de disparo típica	60 m a 300 m
Forma de tubería existente	Todas las formas
Material de tubería existente	Todos los materiales

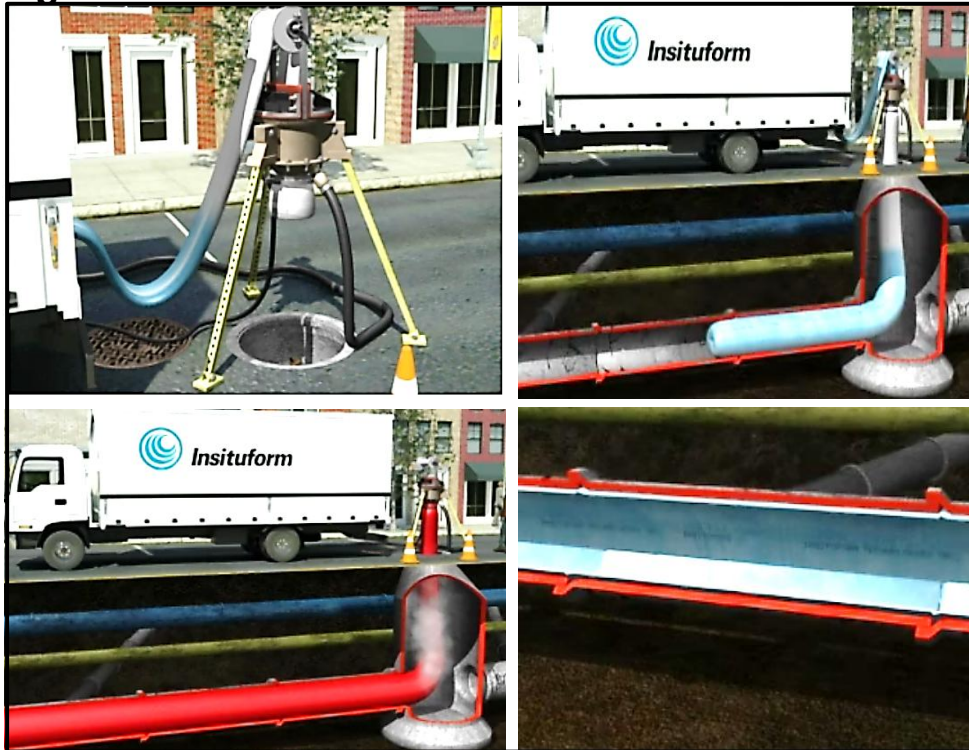
Fuente. Especificaciones Técnicas de la Tubería CIPP Insituform® [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 5 noviembre, 2013]. Disponible en Internet: <URL: [http://www.insituform.es/content/118/insituform\\_cipp\\_technical\\_envelope.aspx](http://www.insituform.es/content/118/insituform_cipp_technical_envelope.aspx)>

Como se puede observar en la tabla, la tubería CIPP tiene unas grandes ventajas respecto a su manejabilidad.

La rehabilitación CIPP se realiza mediante una felpa o fieltro de tejido bidireccional de fibra de vidrio, o fibra similar, esta es impregnada íntima y homogéneamente con un conjunto de resinas previamente preparadas y mezcladas. La felpa impregnada es ubicada inmediatamente al interior de la tubería, mediante inversión o deslizamiento, existen diferente métodos para inducir el curado, se realiza en conjunto por la reacción química de los componentes de la resina, por aporte de calor con agua o vapor, o por radiación con luz ultravioleta. el tiempo de curado promedio de la tubería CIPP, puede variar de cinco (5) a diez (10) horas.

Su proceso de instalación es relativamente sencillo, aunque requiere de una infraestructura de equipos específicamente diseñados para esta labor. La figura 13 presenta de manera resumida la descripción del proceso.

**Figura 6. Inversión de Tubería CIPP**



Fuente. Como se Instalan las tuberías Insituform® [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 5 noviembre, 2013]. Disponible en Internet: <URL:[http://www.insituform.es/content/117/how\\_insituform\\_cipp\\_is\\_installed.aspx](http://www.insituform.es/content/117/how_insituform_cipp_is_installed.aspx)>

Generalmente no se requiere ninguna obra entre el punto de inicio, y la tubería, el sistema tiene capacidad de trabajar en curvas, se tienen registros por el fabricante de trabajos en diámetros desde 4" hasta 96".

Aunque históricamente la rehabilitación de tramos completos con tecnología CIPP resulta costoso en comparación directa con el costo de cambio de tubería, o con sistemas sliplining, se debe incorporar en el ejercicio de comparación los costos causados por obras conexas, la afectación en el espacio público, y los tiempos de ejecución.

En caso de existir conexiones domiciliarias en las líneas rehabilitadas con este sistema, se hacen las adecuaciones con equipo robotizados de corte, para lo cual se requiere un inventario previo de las conexiones domiciliarias con equipo CCTV.

### 6.3 SLIPLINING

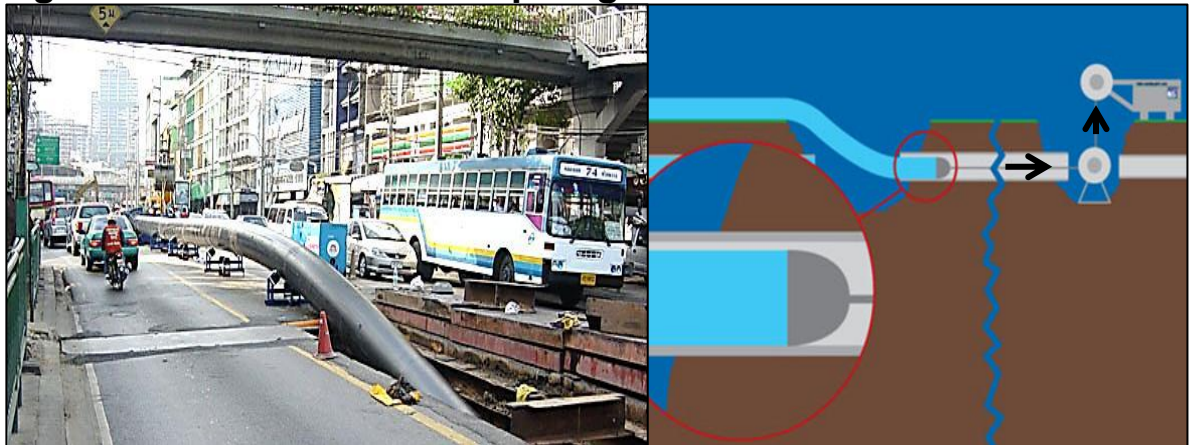
Método que se basa en el deslizamiento de un tubo flexible, al interior de una tubería existente, típicamente el tubo camisa es de MDPE (Tubería de Polietileno de media densidad) o HDPE (Polietileno de alta densidad).

Este método ha resultado de un proceso de investigación por empresas Estado Unidenses y Británicas, desarrollado con el fin de disponer de un método económico que permita recuperar la capacidad operativa de la tubería con una baja inversión, y sin las implicaciones de la renovación con zanja.

La línea de tubería huésped (Forro) es temporalmente deformada, reduciendo su diámetro o cambiando su forma, e insertada a la tubería anfitriona, donde recupera su forma y se ajusta parcialmente. En la sección libre entre la tubería huésped y la anfitriona típicamente se induce mortero

De acuerdo a la longitud del tramo a rehabilitar, la tubería para sliplining puede requerir ser ensamblada mediante termo fusión o electro fusión en campo, o tubo a tubo, si no hay demasiado espacio en el área de trabajo

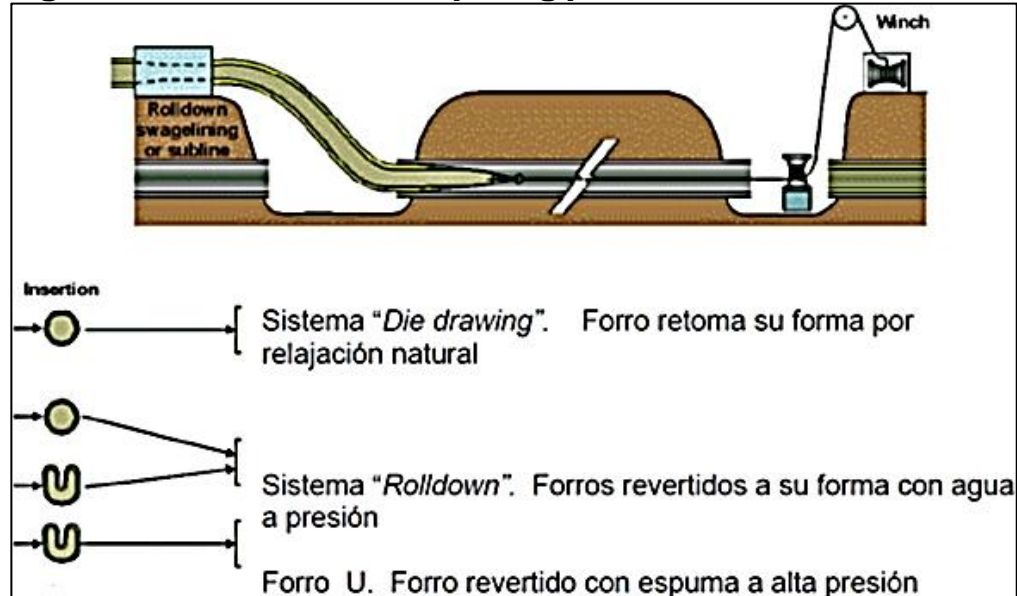
**Figura 7. Instalación de Línea Sliplining a Tracción o Halado**



Fuente. Sliplining Inserción a tracción [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 4 noviembre, 2013]. Disponible en Internet: <URL: [http://www.terraigua.com/sliplining\\_-\\_insercion\\_a\\_traccion.html](http://www.terraigua.com/sliplining_-_insercion_a_traccion.html)>

La figura 14 permite analizar el método de inserción por tracción, en donde se instala un cono de agarre en el extremo de la tubería, y este es halado al interior de la tubería por medio de un equipo ubicado en el punto de llegada determinado.

**Figura 8. Deformación de Sliplining para Inserción**



Fuente. SITT Slip Lining [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 8 noviembre, 2013]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.istt.com/guidelines/slip-lining>>

En la figura 15 se observan las diferentes posibilidades de configuración del Sliplining para ser instalado en la tubería anfitriona, (a rehabilitar)

**6.3.1 Sistema Die Drawing.** Es un método desarrollado en Gran Bretaña en los años ochenta, consiste en la reducción del diámetro por encogimiento del forro de polietileno, se realiza solamente en sitio ya que requiere ser pasado a través de un cono reductor que somete el forro a una temperatura cercana a los 100°C.

Con este proceso el forro se reduce hasta un 6%, permitiendo la inducción a la red, el diámetro reducido se mantiene mientras el tubo es halado por un cabestrante al interior de la tubería, una vez en posición se libera el cabestrante y el forro recupera su dimensión de manera natural, el espesor de la pared del forro no se ve afectado. Este proceso una vez iniciado no puede detenerse debido a que la reducción se mantiene mientras esté sometido a la tensión del cabestrante, si se llegara a relajar esta tensión, el proceso de reversión daría inicio.

Datos Técnicos:

Diámetro de aplicación: 75mm a 600mm

Reducción de Forro: 6% a 10%

Material de Forro: Polietileno

Material Tubería Anfitriona: Casi cualquiera (Hormigón, Gres, Acero, PVC, PE)

Máxima Longitud de Instalación: 800 metros (hasta la fecha)

**6.3.2 Sistema Rolldown.** Esta técnica genera una deformación semipermanente, reduce el diámetro del forro aplicando fuerzas compresivas circunferenciales, por medio de rodillos hemisféricos por los que se hace pasar la línea, se logra una reducción de hasta el 10%, y se incrementa el espesor del forro.

Debido a que es una reducción semipermanente, requiere un menor esfuerzo del cabestrante para su inducción en la tubería anfitriona, el proceso de reversión se realiza con agua fría a presión.

Esta técnica no es recomendable para forros de pared delgada, como el MDPE con  $SDR > 30$  y HPE con  $SDR > 33$ .

Datos Técnicos:

Diámetro de aplicación: 75mm a 600mm

Reducción de Forro: 10%

Material Tubería Anfitriona: Casi cualquiera (Hormigón, Gres, Acero, PVC, PE)

Máxima Longitud de Instalación: 1000 metros (hasta la fecha)

**6.3.3 Sistema de Tubo deformado.** Esta Técnica consiste en deformar mecánicamente el forro, haciendo un plegado de su sección transversal, la principal ventaja es que se puede obtener una reducción de hasta el 50%, reduciendo así la fuerza cabestrante para su inducción en la tubería anfitriona. El forro plegado resulta más flexible que los métodos anteriores, permitiendo ajustarse mejor a curvaturas en la tubería.

El Forro plegado se puede almacenar en un carrete, aunque esto significa una ventaja por la disponibilidad inmediata y su rápida disposición en terreno, también representa una desventaja, pues una vez en campo una cantidad determinada, no es posible aumentar su longitud por medios de fusión en los topes.

El forro deformado recupera su forma original mediante la inyección de vapor caliente, debido al efecto memoria del polietileno.

Datos Técnicos:

Diámetro de aplicación: 100mm a 500mm

Reducción de Forro: 35% - 50%

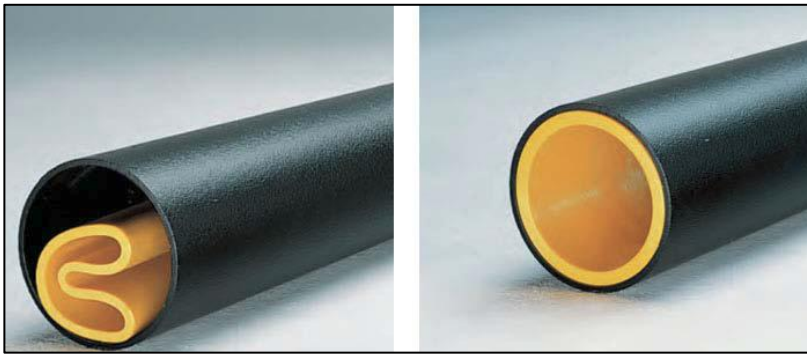
Material Tubería Anfitriona: Casi cualquiera (Hormigón, Gres, Acero, PVC, PE)

Máxima Longitud de Instalación: Carretes de 1200 metros (hasta la fecha)

En la figura 15. Se puede apreciar como se ve el forro deformado durante su instalación, y el resultado después de recuperada su forma natural.

Figura 9. Sliplining – Técnica de Tubo deformado





Fuente. Sliplining-Forro U [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 4 noviembre, 2013]. Disponible en Internet: <URL: [http://www.terraigua.com/sliplining\\_forrou.html](http://www.terraigua.com/sliplining_forrou.html)>

#### 6.4 REHABILITACIÓN PUNTUAL CON CIPP

Esta técnica de rehabilitación puntual se conoce también como CIPP-Short lining, y es similar a la rehabilitación de manga continua o CIPP, la aplicación se determina después de haber realizado el registro del estado estructural y operativo de la tubería mediante investigación visual con sistema de inspección CCTV

El método de rehabilitación puntual, consiste en impregnar una felpa de tejido bidireccional de fibra de vidrio, con un compuesto de resina que ofrece la facilidad de reaccionar a temperatura ambiente y que después de terminar el proceso de curado o endurecimiento, se comporta como una nueva tubería, con excelentes propiedades mecánicas y adherencia completa a la tubería original.

Estándares Técnicos de Referencia y Sobre las cuales se fundamenta esta técnica:

ASTM- F1216: Práctica Estándar para la Rehabilitación de redes de tuberías existentes y conductos, por medio de Inversión y Curado de una Manga Impregnada de Resina.

Fuerza de tensión ASTM- D638

Fuerza de flexión ASTM- D790

Módulo de flexión ASTM- D790

Resistencia Química ASTM- D543

Norma Técnica de Servicio de la EAAB NS-061 Vers. 0.1 de 2001 - Núm. 4.2.2 – Anexo 2.

En la figura 16 se presenta en resumen el proceso de preparación para instalación de la rehabilitación puntual, no se incluye el procedimiento de colocación en el

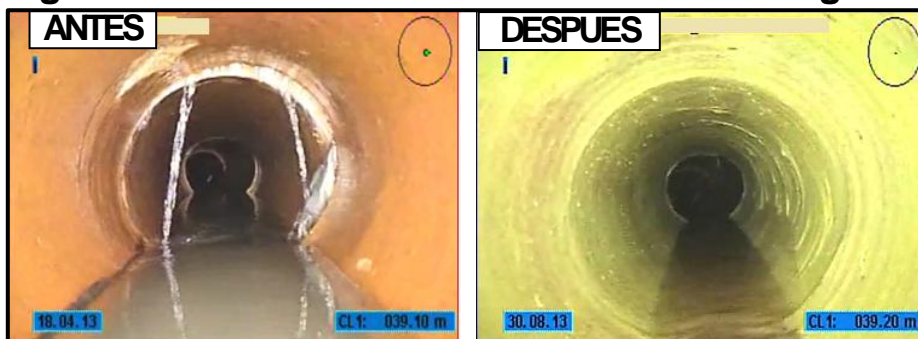
punto, por corresponder a una metodología desarrollada por la empresa consultada, la figura 17. Corresponde a los resultados obtenidos con el método.

**Figura 10. Preparación del Método CIPP – Short Lining**



Fuente. El Autor

**Figura 11. Resultados del Método CIPP – Short Lining**



Fuente. El Autor

En la figura 16 se observa la preparación del parche, este es posicionado en la afectación por medio de un cojín obturador neumático, que hace las veces de



transportador, y en la figura 17 se observa el registro del equipo de inspección, antes y después de la rehabilitación.

#### 6.4.1 Especificaciones Técnicas del producto

Curado en ambiente	Sí
Rango de Vida de la mezcla a 70 ° F	2-3 horas
Rango de tiempo de la dureza a los 42°F	4 - 6 horas
Rango de Tiempo de dureza a 70° F	3-6 horas
Rango de tiempo a la dureza en 125 ° F	<1 hora
Contracción superior al 1%	Sí
Olor A estireno,	medio

#### Propiedades físicas en estado líquido

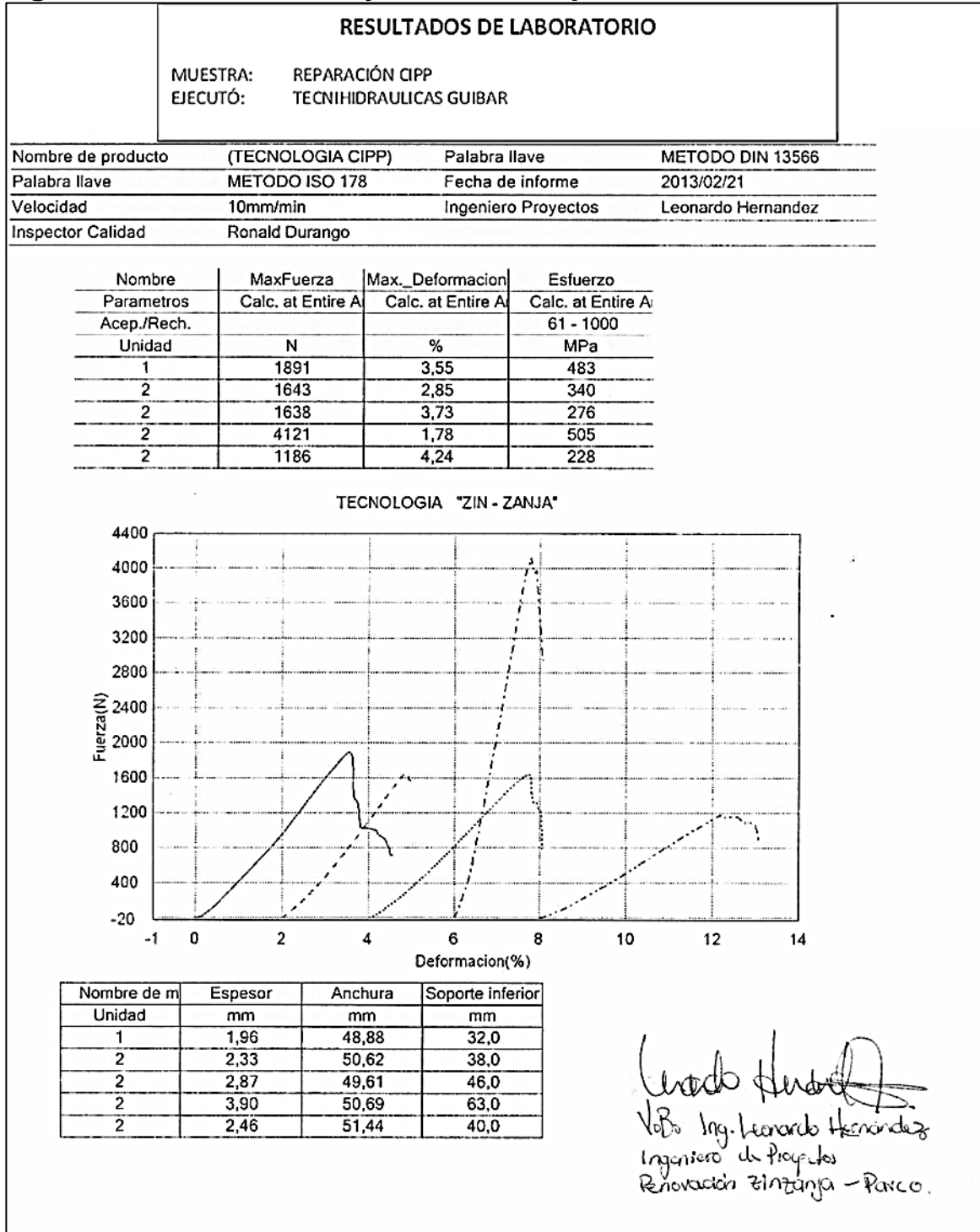
Color	Blanco Opaco
Gravedad específica	1.18
Viscosidad	800-1200 Cps
Caducidad	3 meses
Índice de acidez	(mg de KOH/ g) 8
Contenido de sólidos	52
Punto de activación	31 ° C

#### Propiedades físicas de la resina en Felpa de poliéster:

Temperatura de deformación bajo presión	72°F
Dureza (GYZJ 934-1)	48
Absorción de agua (mg)	15
Resistencia a la flexión (MPa)	37 MPa
Módulo de flexión (Mpa)	2300 MPa
Alargamiento hasta ruptura (%)	1,50%

La figura 18. corresponde a la copia de los resultados del ensayo de laboratorio realizado a una probeta de tubería PVC Novafort -por parte del fabricante- al que se le aplicó el revestimiento con CIPP-Short lining, por la Empresa TECNIGUIBAR. Y en la que se puede observar el refuerzo estructural que genera este tipo de rehabilitación,

**Figura 12. Resultados Ensayo Laboratorio probeta CIPP-SL**



Fuente. La Empresa [TECNI GUIBAR]. Bogotá: Disponible en Archivo

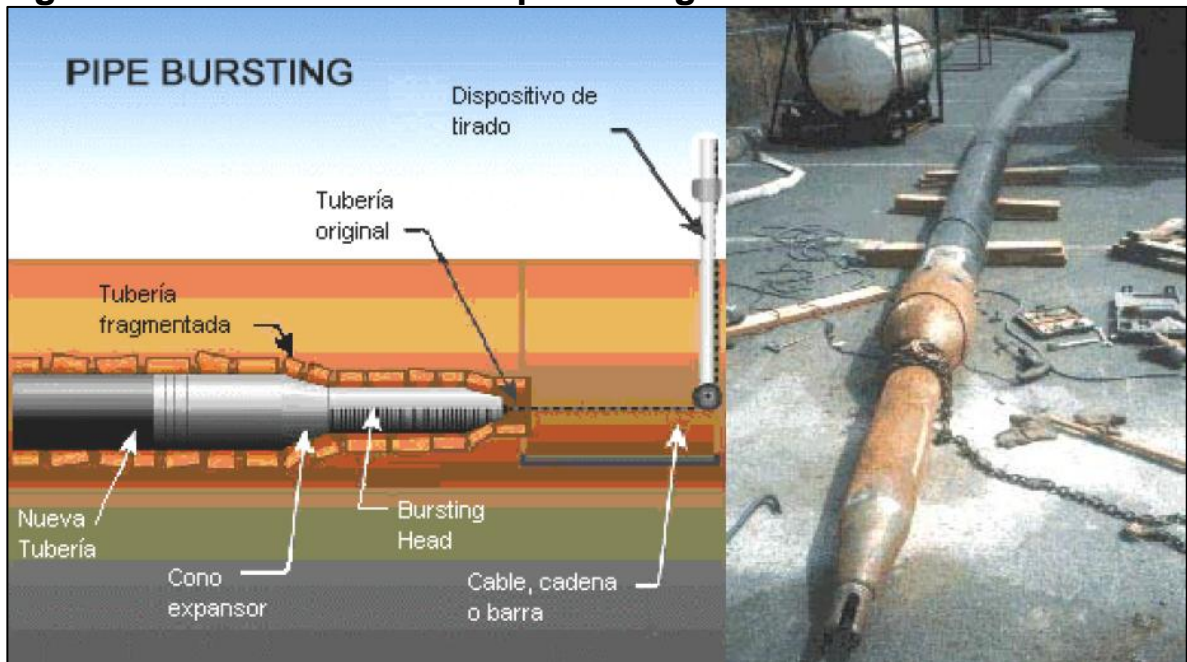
## 6.5 RENOVACIÓN CON SISTEMA PIPE BURSTING

Es un método de reemplazo de tuberías cuyas condiciones defectuosas, a nivel estructural u operativo no son fácilmente mejorables, o cuando se requiere implementar un diámetro mayor por la condición de demanda.

En este método la tubería a reemplazar no se retira del terreno, sino que por el mismo proceso constructivo del método, es fracturada y compactada contra el terreno, al mismo tiempo que va siendo reemplazada por una nueva línea de tubería en polietileno, que es halada en línea tras un accesorio que se encarga de romper por corte axial la tubería pre-existente, se instala normalmente en líneas de 10m y hasta 200m de longitud, se usa típicamente para el remplazo de líneas de gas, y conductos de agua y alcantarillado.

En la Figura 19 se presenta el esquema de funcionamiento del método de renovación con Pipe Bursting.

**Figura 13. Funcionamiento del Pipe Bursting**



Fuente. ISTT\_presentación pipebursting.pdf.

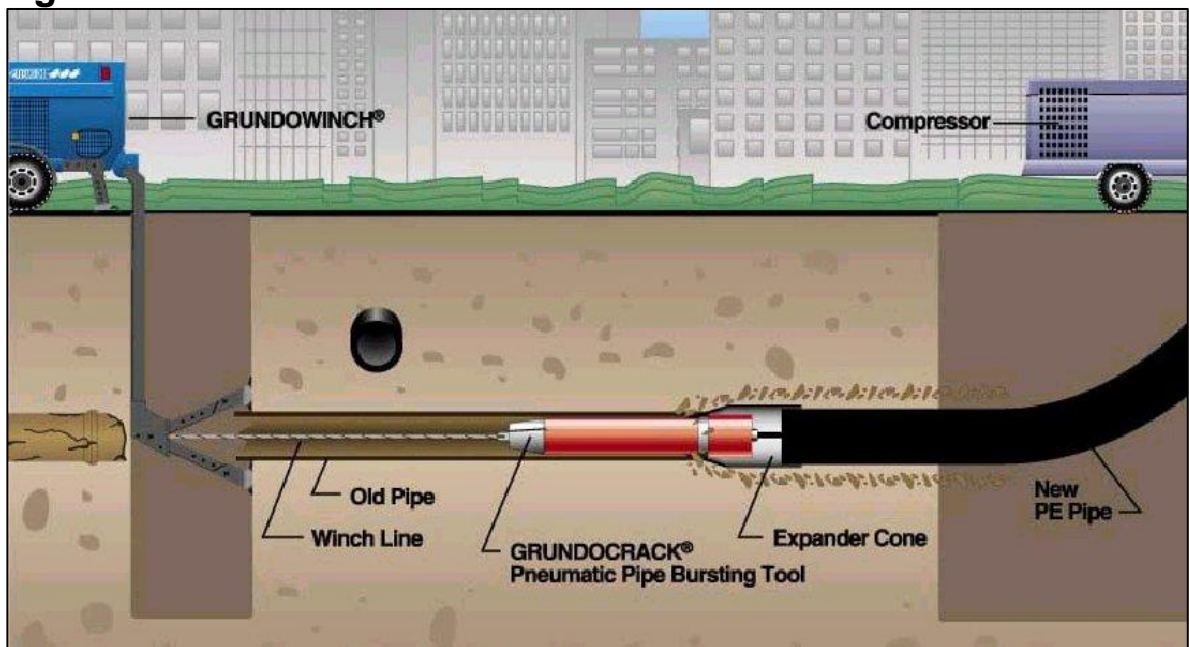
La tubería a reemplazar debe ser de un material fragmentable, como hierro, arcilla, o concreto, Este sistema permite incluso, mediante el uso del cono expensor, la instalación de un diámetro mayor a la tubería original, la tubería a instalar es PEAD o HDPE (Polietileno de alta densidad), en la imagen se muestra un sistema de instalación por halado, lo cual se realiza a por medio de un equipo hidráulico y

un sistema de cable, cadena, o tubos conectores, que se ajustan a una mordaza que a su vez se ajusta al tubo de polietileno.

Típicamente se piensa que el tubo de polietileno sufre algún tipo de elongación producto del esfuerzo por fricción durante la instalación, sin embargo la tubería de polietileno es realmente arrastrada, ya que el cono y la cabeza de rompimiento son las que están sometidas al esfuerzo de tracción a través del elemento de tensión axial.

Otro método de instalación es por medio de una cabeza neumática, incluye una herramienta neumática y cabrestante, se estalla la tubería usando la energía cinética de la herramienta, se muestra en la figura 20.

**Figura 20. Método Neumático**



Fuente. ISTT\_presentation pipebursting.pdf. 2012

### 6.5.1 Aplicaciones

Reemplazo total de la tubería

Incremento del diámetro hasta en un 20 - 30%

Uso Industrial y Municipal en líneas principales y laterales

Se puede usar en cualquier material fragmentable.

Se puede instalar para reemplazar una línea completa de tubería, o de una sección (Realizando cajas de lanzamiento intermedias).



### 6.5.2 Viabilidad

Puede lograr costos más bajos en comparación con zanja abierta  
Menos tiempo de construcción  
Excavación Mínima  
Bajo impacto Ambiental, Social, Comercial y económico  
Reduce el riesgo de asentamiento del terreno

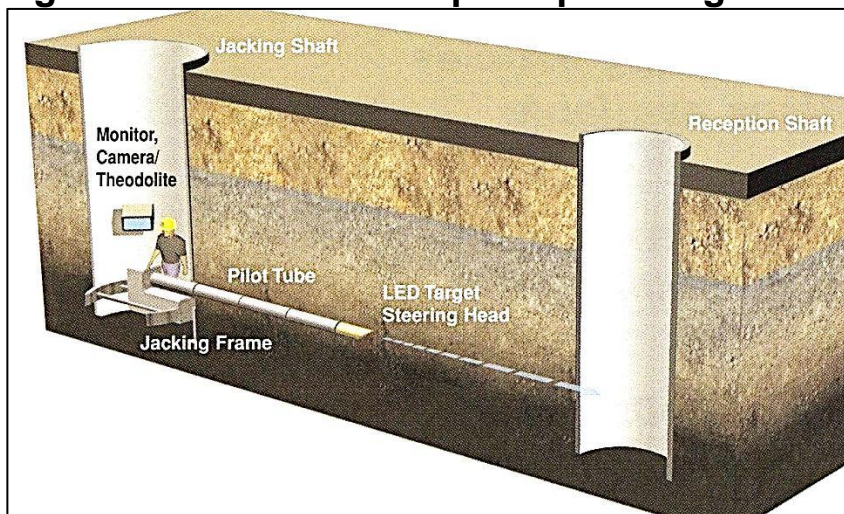
### 6.6 PIPE JACKING

Este sistema instala las tuberías inmediatamente en el terreno, a la vez que una parte del equipo funciona como escudo para la inserción de la tubería en el terreno proyectado, y otra parte funciona como elemento de hincado por acción de gateo o empuje hidráulico.

Al funcionar de manera similar al hincado, el material de suelo que se va cortando durante el ingreso de la tubería, se queda alojado al interior de la tubería, sin embargo mediante diferentes sistemas, como una banda de transporte o un tornillo sinfín -como el usado en las microtuneladoras-, se retira durante el proceso constructivo de la línea.

Este proceso es muy similar al micro túnel, ya que inicia con una tunelación piloto, como se muestra en la figura 21, para determinar con mayor precisión la posición de llegada de la tubería, requiere la construcción de una galería de inicio, y una galería de llegada, típicamente estas cámaras, terminan funcionando elementos de inspección.

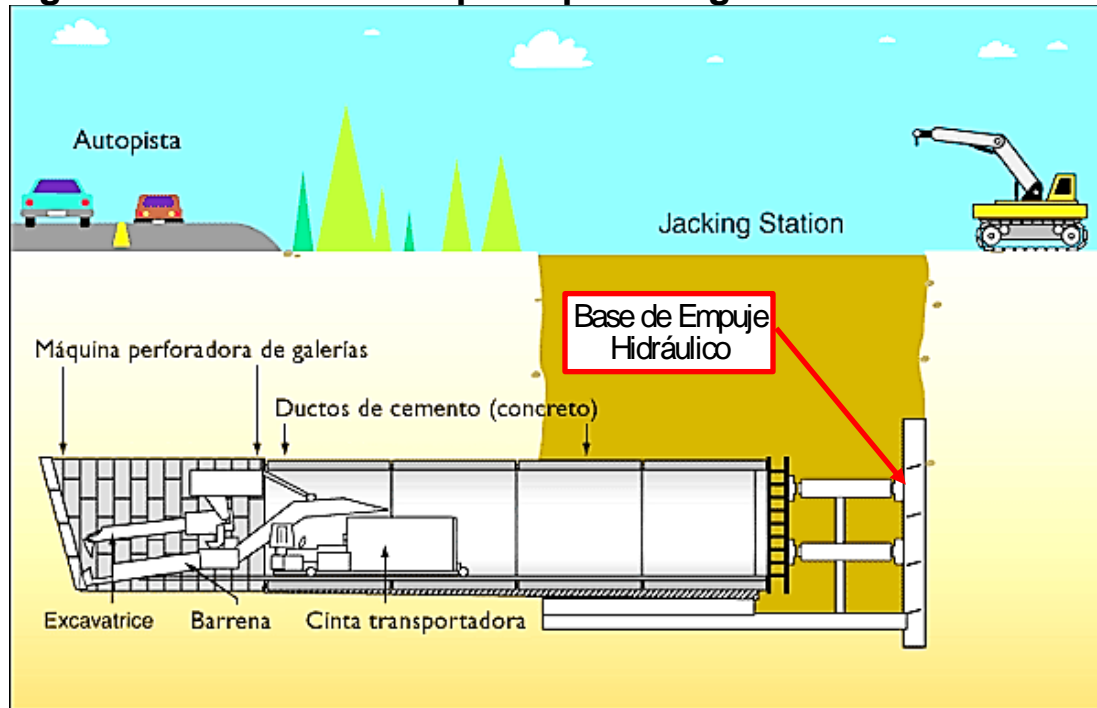
**Figura 21. Tunelación Piloto para Pipe Jacking**



Fuente. AASHTO Right-of-way & Utilities ITT PRESENT.pdf. 2009

Posteriormente se instala una base de empuje hidráulico, sobre una plataforma nivelada, los equipos cuentan con aditamentos para la remoción del terreno cortado, la figura 22, presenta una idea clara del proceso constructivo, los equipos, y el adecuamiento requerido para la base de inicio.

**Figura 22. Tunelación Piloto para Pipe Jacking**



Fuente. NELLA DRILLING. Pipe Jacking [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 5 Noviembre, 2013]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.nella-drilling.com/esp/autrestech.html#>>

## 7. CONCLUSIONES

Existen dos condiciones para determinar renovar una línea de tubería.

1 – La capacidad hidráulica del ducto actual es insuficiente, para las condiciones de uso demandada.

2 – La condición estructural u operativa se encuentra gravemente afectada, y no hay otra alternativa para recuperar la capacidad de operación de la tubería.

Cuando se presenta uno de estos escenarios, se debe realizar un análisis de costo beneficio frente al método de renovación a elegir, para esto se tiene en cuenta diferentes factores que abarcan:

### Factores Ambientales

La tecnología sin zanja reduce las cantidades de materiales desperdiciados, en las actividades de excavación y rellenos, se reduce también la contaminación producto de los vehículos de transporte de los residuos y materiales de relleno, se evita el maltrato a las especies vegetales en casos de intervención de zonas verdes, a su vez se evitan la formación de contaminantes materiales, y gases de polución por equipos y procesos constructivos

### Factores Sociales, Comerciales y Económicos

Adicional a los inconvenientes estéticos generados por las obras, durante la ejecución de obras de renovación o instalación de redes a zanja abierta, se ven restringidos los accesos viales, y peatonales, causando pérdida de confort, e inclusive de seguridad por las mismas zanjas, que se prestan a ser trampas a pesar de las señalizaciones, y son usadas en muchas ocasiones botadero. En sectores comerciales las obras a zanja abierta afectan el acceso y por tanto vulneran la actividad comercial, generando pérdidas para los establecimientos que dependen directamente de la facilidad de acceso por parte de sus usuarios o clientes.

### Factores Urbanísticos

El crecimiento y la densificación poblacional de los principales sectores de nuestra ciudad, exigen unas redes de servicio acordes a las nuevas y futuras demandas, por otra parte el espacio a nivel de suelos y subsuelos se encuentra cada vez más restringido y redensificado, creando una condición de criticidad para la renovación de estas redes por métodos convencionales.

Por tanto lo más óptimo es hacer uso de los espacios y trazados de redes existentes, y respecto a estas evitar procesos constructivos convencionales.

## BIBLIOGRAFÍA

ASTM- F1216: Práctica Estándar para la Rehabilitación de redes de tuberías existentes y conductos, por medio de Inversión y Curado de una Manga Impregnada de Resina, 2010.

AWWA, Structural Renewal of Water Mains Using CIPP, BY Lupien, Sanexen Enviromental Services Inc, Ohio AWWA, 2011.

EPA, Folleto informativo de operación y mantenimiento del alcantarillado Rehabilitación sin zanjas de colectores del alcantarillado, 1999.

EPA, Performance Evaluation of Innovative Water Main Rehabilitation Cured-in-Place Pipe Lining Product in Cleveland, Ohio, 2012.

EUROPEAN STANDARD NORME, Plastics piping systems for renovation of underground wáter supply networks - Part 1: General. EN14409-1

EUROPEAN STANDARD NORME, Plastics piping systems for renovation of underground wáter supply networks - Part 3: Lining with close fit-pipes. EN14409-3 Journal of Pipe History and inspection by Nassco [en línea]. Owings Mills, MD:

NASSCO'S PACP/MACP Overview, 1976. - [Consultado el 05 de Febrero de 2013]. Disponible en: <[http://www.nassco.org/training\\_edu/pdfs/pacp-macp\\_overview.pdf](http://www.nassco.org/training_edu/pdfs/pacp-macp_overview.pdf)>.

Journal of Pipeline Technology 2006 Conference Resume Journal of Pipeline Crossings \_ ASCE Manuals and reports on Engineering Practice Nb. 89 -1996 [en línea]. American Society of Civil Engineers, 1996. – [Consultado el 05 de Febrero de 2013]. Disponible en: <[http://books.google.com.co/books?id=X8iawQ2ldKgC&pg=PA136&lpg=PA136&dq=Pipeline+Crossings+\\_+ASCE+Manuals+and+reports+on+Engineering+Practice+Nb.+89+-1996&source=bl&ots=\\_WBBO19IHm&sig=J-qTQPnemq1I17VahF4-54oDw1Q&hl=es&sa=X&ei=Ve4\\_UbqzBK2k4AO7-4BI&ved=0CC8Q6AEwAA](http://books.google.com.co/books?id=X8iawQ2ldKgC&pg=PA136&lpg=PA136&dq=Pipeline+Crossings+_+ASCE+Manuals+and+reports+on+Engineering+Practice+Nb.+89+-1996&source=bl&ots=_WBBO19IHm&sig=J-qTQPnemq1I17VahF4-54oDw1Q&hl=es&sa=X&ei=Ve4_UbqzBK2k4AO7-4BI&ved=0CC8Q6AEwAA)>

Journal of Trenchless Solutions Presentation by VE GROUP [en línea]. [Consultado el 05 de marzo de 2013]. Disponible en: <<http://www.visu-sewer.com/history.html>>.